

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 05152643  
PUBLICATION DATE : 18-06-93

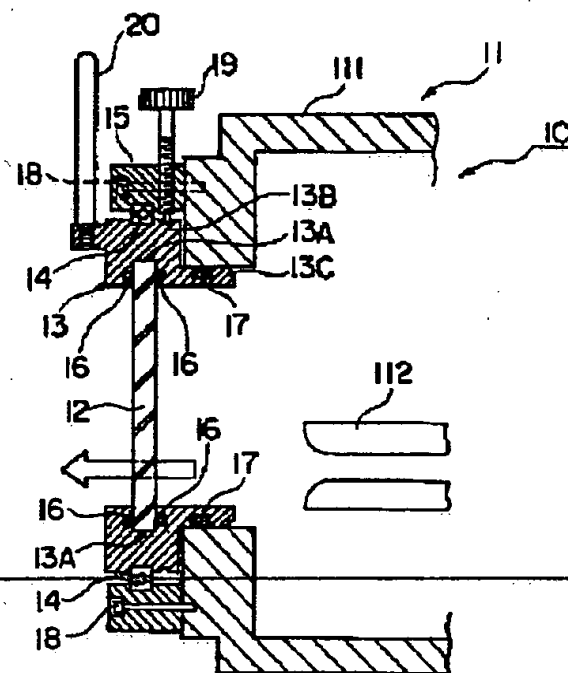
APPLICATION DATE : 28-05-92  
APPLICATION NUMBER : 04136992

APPLICANT : MITSUBISHI ELECTRIC CORP;

INVENTOR : SUGIDACHI ATSUSHI;

INT.CL. : H01S 3/034

TITLE : LASER OSCILLATOR APPARATUS



**ABSTRACT :** PURPOSE: To simplify the mechanism for rotating the window and eliminate any possibility of bad machining by simply replacing a transmission part of laser light of the window.

**CONSTITUTION:** There are provided a laser oscillation tube 11 in which a laser medium is sealed, a window 12 disposed at a laser light exit port of the laser oscillation tube 11 so as for laser light to transmit therethrough, a window holder 13 disposed so as to hold the window 12, and keep the inside of the laser oscillation tube 11 air tight, and a holder supporter 15 disposed at an exit port end surface of the laser oscillation tube 11 so as to rotatably hold the window holder 13 through a ball bearing 14.

**COPYRIGHT:** (C)1993,JPO&Japio

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平5-152643

(43) 公開日 平成5年(1993)6月18日

(51) Int.Cl.\*

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 S 3/034

8934-4M

H 0 1 S 3/03

G

審査請求 未請求 請求項の数4 (全15頁)

(21) 出願番号 特願平4-136992

(22) 出願日 平成4年(1992)5月28日

(31) 優先権主張番号 特願平3-169823

(32) 優先日 平3(1991)7月10日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 武田 明通

尼崎市塚口本町8丁目1番1号 三菱電機

株式会社伊丹製作所内

(72) 発明者 中村 正之

尼崎市塚口本町8丁目1番1号 三菱電機

株式会社伊丹製作所内

(72) 発明者 杉立 厚志

尼崎市塚口本町8丁目1番1号 三菱電機

株式会社伊丹製作所内

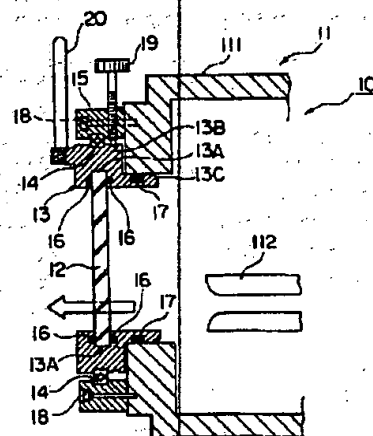
(74) 代理人 弁理士 曾我 道照 (外6名)

(54) 【発明の名称】 レーザ発振装置

(57) 【要約】

【目的】 ウィンドの回転機構を簡素化すると共に、ウィンドにおけるレーザ光の透過部分を簡単に更新して加工不良を生じることがないレーザ発振装置を提供する。

【構成】 内部にレーザ媒質が封入されたレーザ発振管11と、このレーザ発振管11のレーザ光出口にレーザ光が透過するように配設されたウィンド12と、このウィンド12を保持し且つレーザ発振管11内の気密を保持するように配設されたウィンドホルダー13と、このウィンドホルダー13をボール軸受14を介して回転自在に保持するようにレーザ発振管11の出口端面に配設されたホルダー支持体15とを備えている。



10: レーザ共振装置  
11: レーザ共振管  
12: ウィンド  
13: ウィンドホルダー  
14: ボール軸受  
15: ホルダー支持体

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 内部にレーザ媒質が封入されたレーザ発振管と、このレーザ発振管のレーザ光出口に上記レーザ光が透過するように配設されたウインドと、このウインドを保持し且つ上記レーザ発振管内の気密を保持するように配設されたウインドホルダーと、このウインドホルダーを軸受を介して回転自在に保持するように上記レーザ発振管の出口端面に配設されたホルダー支持体とを備えたことを特徴とするレーザ発振装置。

【請求項2】 内部にレーザ媒質が封入されたレーザ発振管と、このレーザ発振管のレーザ光出口に上記レーザ光が透過するように配設されたウインドと、このウインドを保持し且つ上記レーザ発振管内の気密を保持するように上記レーザ発振管のレーザ光出口に配設されたウインドホルダーと、このウインドホルダーを軸受を介して回転自在に保持するように上記レーザ発振管の出口端面に配設されたホルダー支持体とを備え、且つ上記ウインドの内側に上記レーザ光の透過する部分以外を遮蔽するシールド体を設けたことを特徴とするレーザ発振装置。

【請求項3】 内部にレーザ媒質が封入されたレーザ発振管と、このレーザ発振管のレーザ光出口に上記レーザ光が透過するように配設されたウインドと、このウインドを保持し且つ上記レーザ発振管内の気密を保持するように上記レーザ発振管のレーザ光出口に配設されたウインドホルダーと、このウインドホルダーを軸受を介して回転自在に保持するように上記レーザ発振管の出口端面に配設されたホルダー支持体とを備え、且つウインドの内面側に空間を形成し且つレーザ光の透過する透過光を有する隔壁を上記レーザ発振管のレーザ光出口に設けると共に、上記レーザ発振管のレーザ媒質を浄化しながら上記空間へ循環させる浄化装置を設けたことを特徴とするレーザ発振装置。

【請求項4】 内部にレーザ媒質が封入されたレーザ発振管と、このレーザ発振管のレーザ光出口に上記レーザ光が透過するように配設されたウインドと、このウインドを保持し且つ上記レーザ発振管内の気密を保持するように配設されたウインドホルダーと、このウインドホルダーを軸受を介して回転自在に保持するように上記レーザ発振管の出口端面に配設されたホルダー支持体とを備え、且つ上記ウインドの両面の成すウェッジ角が $150^\circ$ 以下に形成されてなることを特徴とするレーザ発振装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、金属加工及びその他の分野で使用するレーザ発振装置に関し、更に詳しくは、その発振管のレーザ光のウインド機構に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来のレーザ発振装置、特に短波長レー

ザなどで使用するレーザガスは光電作用によってレーザ発振管内部に多量の不純ガス分子が生成し、この不純ガス分子がレーザ光の影響を受けてウインドの内側に汚染を生じる。この汚染は強力に付着しており、拭き取ることは容易でない。これがウインドのレーザ光透過率を減少させ、その結果レーザ出力を低下させるのでウインドを適時取り替える必要があった。

【0003】 この不都合をなくするために例えば特開昭61-203689号公報に記載された図13に示す装置がある。同図において、1は放電電極2から発生したレーザ光を同図の右外側に向かって照射する、内部レーザ媒質を封入したレーザ発振管、3はこのレーザ発振管1の一端の支持体4に窓枠5を介して取り付けられたウインド、6はこのウインド3を支持する窓枠5の周囲の歯車に噛合するピニオン7を介してウインド3を回転させる、上記支持体4に固定されたモータ、8は上記ウインド3の外側に対向させてレーザ光が透過するように上記支持体4の外端に固定され透明板、9はこの透明板8と上記ウインド3との間に気密を保持して形成された圧力加減室、10はこの圧力加減室9内の圧力を調整する圧力調整器である。そして、上記ピニオン7は上記窓枠5の周囲に等間隔に4個配設され、そのうちの1個が上記モータ6に連結している。また、11はバックリングである。

【0004】 而して、上記ウインド3を回転させる時には、上記圧力調整器10によって圧力加減室9の圧力を減圧してウインド3に対する押圧力を減少させてウインド3の回転を円滑にし、反対にウインド3を回転しない時には圧力調整器10によって圧力加減室9を加圧してバックリング11を押し潰してレーザ発振管1内の気密を保持するようにしている。即ち、レーザ発振管1内の気密をバックリング11で保持すると共にウインド3の回転を円滑にするために、圧力加減室9内の圧力を適宜調整してレーザ発振管1の圧力と圧力加減室9の圧力との圧力バランスを取るようにしている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、従来のレーザ発振装置では、レーザ発振管1内の気密をバックリング11で保持すると共にウインド3の回転を円滑にするために、ウインド3内外の圧力バランスを取るための圧力加減室9及び圧力調整器10が必要であるため、レーザ発振装置の構造が複雑になってコストが高くなるという課題があった。また、ウインド3のレーザ光が照射されない部分にレーザ発振管1内部のガスの流れによって不純ガス分子が付着して徐々にではあるがウインド3の劣化を進行させると共にこの付着によってウインド3が汚染されてレーザ出力が低下し、加工不良を生じるまでウインド3の汚染に気付かないといった課題もあった。

【0006】 また、レーザ光の中でもエキシマレーザの

3  
 ようなパルスレーザを照射するレーザ発振装置の場合には、励起部のゲインが高いため、部分反射鏡、全反射鏡、波長選択素子など共振器を構成する各素子部間において角度のズレが多少あってもレーザを照射するが、部分反射鏡から出力される出力レーザ光（以下、部分反射鏡からレーザ発振装置の外部へ出力されるレーザ光を「出力レーザ光」と称す）のビーム位置、ビーム方向、ビーム強度分布形状、ビーム出力、更に選択波長等の各種のビーム品質は上述の角度のズレ量に応じて変化し、各素子部における角度のズレによって最適状態に比べてビーム位置、ビーム方向、選択波長が変化してビーム強度分布形状がビームの中心に対する均一性が崩れ、レーザ出力が低下することが実験データを示す図14のグラフから判っている。また、レーザ発振管1のウインド3の平行度が良くないと、ウインド3を回転移動させた場合にウインド3を透過するレーザ光の方向が変わる可能性があり、これによって各種のビーム品質に変化をもたらすという課題もあった。

【0007】本発明は、上記課題を解決するためになされたもので、ウインドの回転機構を簡素化すると共に、ウインドにおけるレーザ光の透過部分を簡単に更新して加工不良を生じることがないレーザ発振装置を提供することを目的としている。

【0008】また、本発明は、ウインドの回転機構を簡素化し、ウインドにおけるレーザ光の透過部分を簡単に更新することができると共に、ウインドのレーザ光の透過部分以外の部分の汚染を防止して加工不良を生じることがないレーザ発振装置を提供することを目的としている。

【0009】また、本発明は、ウインドの回転機構を簡素化すると共に、ウインドを回転させても出力レーザ光の品質を低下させる虞のないレーザ発振装置を提供することを目的としている。

【0010】  
 【課題を解決するための手段】本発明の請求項1に記載のレーザ発振装置は、内部にレーザ媒質が封入されたレーザ発振管と、このレーザ発振管のレーザ光出口に上記レーザ光が透過するように配設されたウインドと、このウインドを保持し且つ上記レーザ発振管内の気密を保持するように配設されたウインドホルダーと、このウインドホルダーを軸受を介して回転自在に保持するように上記レーザ発振管の出口端面に配設されたホルダー支持体とを備えたものである。

【0011】また、本発明の請求項2に記載のレーザ発振装置は、内部にレーザ媒質が封入されたレーザ発振管と、このレーザ発振管のレーザ光出口に上記レーザ光が透過するように配設されたウインドと、このウインドを保持し且つ上記レーザ発振管内の気密を保持するように上記レーザ発振管のレーザ光出口に配設されたウインドホルダーと、このウインドホルダーを軸受を介して回転

自在に保持するように上記レーザ発振管の出口端面に配設されたホルダー支持体とを備え、且つ上記ウインドの内側に上記レーザ光の透過する部分以外を遮蔽するシールド体を設けたものである。

【0012】また、本発明の請求項3に記載のレーザ発振装置は、内部にレーザ媒質が封入されたレーザ発振管と、このレーザ発振管のレーザ光出口に上記レーザ光が透過するように配設されたウインドと、このウインドを保持し且つ上記レーザ発振管内の気密を保持するように上記レーザ発振管のレーザ光出口に配設されたウインドホルダーと、このウインドホルダーを軸受を介して回転自在に保持するように上記レーザ発振管の出口端面に配設されたホルダー支持体とを備え、且つウインドの内面側に空間を形成し且つレーザ光の透過する透過光を有する隔壁を上記レーザ発振管のレーザ光出口に設けると共に、上記レーザ発振管のレーザ媒質を浄化しながら上記空間へ循環させる浄化装置を設けたものである。

【0013】また、本発明の請求項4に記載のレーザ発振装置は、内部にレーザ媒質が封入されたレーザ発振管と、このレーザ発振管のレーザ光出口に上記レーザ光が透過するように配設されたウインドと、このウインドを保持し且つ上記レーザ発振管内の気密を保持するように配設されたウインドホルダーと、このウインドホルダーを軸受を介して回転自在に保持するように上記レーザ発振管の出口端面に配設されたホルダー支持体とを備え、且つ上記ウインドの両面の成すウェッジ角が $15.0\mu\text{m}$ 以下に形成されたものである。

【0014】

【作用】本発明の請求項1に記載のレーザ発振装置によれば、レーザ発振管内に発生したレーザ光をウインドを透過させて所定期間、所定の加工を行ない、このウインドからのレーザ出力値が低下する前に、ウインドホルダーを軸受を介して回転させることによりウインドにおけるレーザ光の透過部分を容易に更新することができ、もってレーザ出力の低下を防止することができる。

【0015】また、本発明の請求項2に記載のレーザ発振装置によれば、レーザ発振管内に発生したレーザ光をウインドを透過させて所定期間、所定の加工を行ない、このウインドからのレーザ出力値が低下する前に、ウインドホルダーを軸受を介して回転させることによりウインドにおけるレーザ光の透過部分を容易に更新することができ、もってレーザ出力の低下を防止することができ、更に、不純ガス分子によるウインド内面の汚染をシールド体によって防止することができる。

【0016】また、本発明の請求項3に記載のレーザ発振装置によれば、レーザ発振管内に発生したレーザ光をウインドを透過させて所定期間、所定の加工を行ない、このウインドからのレーザ出力値が低下する前に、ウインドホルダーを軸受を介して回転させることによりウインドにおけるレーザ光の透過部分を容易に更新すること

ができ、もってレーザ出力の低下を防止することができ、更に、浄化装置によって浄化したレーザ媒質をウインドの内面側のウインド室へ循環させて不純ガス分子によるウインド内面の汚染を防止することができる。

【0017】また、本発明の請求項4に記載のレーザ発振装置によれば、レーザ発振管内に発生したレーザ光をウインドを透過させて所定期間、所定の加工を行ない、このウインドからのレーザ出力値が低下する前に、ウインドホルダーを軸受を介して回転させることによりウインドにおけるレーザ光の透過部分を容易に更新することができ、もってレーザ出力の低下を防止することができ、更に、ウェッジ角が $150\mu\text{rad}$ 以下のウインドによってウインドの回転による出力レーザ光の品質低下を防止することができる。

【0018】

【実施例】以下、図1～図12に示す実施例に基づいて本発明を説明する。

【0019】実施例1. 本実施例のレーザ発振装置10は、図1に示すように、内部にレーザ媒質が封入されたレーザ発振管11と、このレーザ発振管11のレーザ光出口に上記レーザ光を横切るように配設されたウインド12と、このウインド12を保持し且つ上記レーザ発振管11内の気密を保持するように配設された略筒状のウインドホルダー13と、このウインドホルダー13を上記レーザ発振管11に転がり軸受14を介して回転自在に保持する筒状のホルダー支持体15とを備えて構成されている。

【0020】而して、上記レーザ発振管11は、レーザ媒質を封入する本体111と、本体111の内部に配設された放電電極112とを備え、この放電電極112に電圧を印加することによってレーザ媒質を励起してレーザ光を発生させてレーザ光を出力するように構成されている。そして、このレーザ発振管11のレーザ光出口にウインド12が配設されている。

【0021】また、上記ウインド12は、その両縁部が上記ウインドホルダー13の内周面に形成された溝13Aで挟持されている。そして、この溝13Aの両側壁の全周に亘ってそれぞれ形成された溝にリング状のシール部材16、16が装着され、これらのシール部材16、16が上記両縁部の内外面に密着して上記レーザ発振管11内部の気密を保持している。また、このウインドホルダー13は、肉厚部13Bとこの肉厚部13Bより外径が略径した薄肉部13Cとから形成され、その薄肉部13Cが上記レーザ発振管11の出口部の内周面に嵌合している。そして、この薄肉部13Cの外周面の全周には溝が形成され、この溝に装着されたシール部材17で上記レーザ発振管11内部の気密を保持している。また、このウインドホルダー13の厚肉部13Bの外周面は上記転がり軸受14を介してホルダー支持体15の内周面に回転自在に嵌合している。

【0022】また、上記ホルダー支持体15は、その両側壁を長手方向に貫通するボルト18によって上記レーザ発振管11の出口端面に固定されている。そして、その両側壁には径方向に貫通するネジ部材19が1個取り付けられ、このネジ部材19を上記ウインドホルダー13の外周面に当接させることによってこのウインド12の回転を阻止してその位置でウインド12を固定するように構成されている。また上記ウインドホルダー13の両側壁の外端にはハンドル20が径方向に取り付けられ、このハンドル20によってウインドホルダー13、即ちウインド12を回転させるように構成されている。

【0023】次に、動作について説明する。まず、放電電極112に電圧を印加してレーザ媒質を励起すると、レーザ発振管11の本体111内でレーザ光が発生し、発生したレーザ光はウインド12を透過して図1の矢示方向へ出力して所定の加工に供される。このような加工を継続すると、ウインド12の内面のうち、レーザ光が透過する部分には光電作用等によって多量の不純ガス分子が吸着してレーザ光の透過率を低下させてレーザ光の出力低下を招くため、適時ハンドル20を操作してウインド12を転がり軸受14を介してホルダー支持体15の内周面に沿って回転させ、レーザ光の透過する位置を適宜更新することができる。

【0024】以上説明したように本実施例によれば、レーザ発振管11の気密はウインドホルダー13の薄肉部13Cの外周面とレーザ発振管11の内周面間のシール部材17で保持され、しかもウインドホルダー13はホルダー支持体15に対して転がり軸受14で回転自在に保持されているため、ウインド12は転がり軸受14を介してホルダー支持体15において小さな操作力で常に円滑に回転させることができ、しかも従来のように圧力調整機構を必要とせず、それだけウインド12の回転機構を簡素化することができる。また、ウインド12が不純ガス分子によって汚染されることがあっても、ウインド12をハンドル20によって簡単に回転させてレーザ光の透過位置を簡単に更新することができ、レーザ光を常に良好な出力状態で出力させることができる。また、ウインド12を回転させない時にはネジ部材19を押込んでその先端をウインドホルダー13の外周面に当接させてその回転を固定することができる。

【0025】実施例2. 本実施例のレーザ発振装置10は、図2に示すように、レーザ光の照射部分を制限するウインドシールド機構21を設けた以外は上記実施例と同様に構成されている。このウインドシールド機構21は、上記レーザ発振管11の本体111の端面にレーザ光の出口を制限するように形成された隔壁111Aと上記ウインド12との間に形成された空間22に配設されている。尚、この隔壁111Aにはレーザ光が通過する部分にのみ通過孔111Bが形成されている。

【0026】そこで、上記ウインドシールド機構21に

ついて以下に詳述する。このウインドシールド機構21は、図2に示すように、上記ウインド12の隔壁部が嵌入する溝13Aの内側の側壁と同一平面を成してウインド12の内面を覆うように上記ウインドホルダー13と一体的に形成されたウインドシールド部211と、このウインドシールド部211の内面を覆うように形成されたシールド体212と、このシールド体212の内面にこれと一体的に形成された3本の脚部212Aが嵌入し且つボルト213によって上記隔壁111Aの外面に固定された3個の筒状のガイド部214とを備えて構成されている。

【0027】そして、上記ウインドシールド部211には、図3に示すようにレーザ光が通過する矩形状の通過窓211Aが放射状に8個形成され、また、上記シールド体212には、図4に示すように上記ウインドシールド部211の一つの通過窓211Aに対応する矩形状の切欠窓212Bが1個形成されている。しかも、この切欠窓212Bは、上記隔壁111Aの通過孔111Bと一致する位置に形成され、上記ウインドホルダー13を回転させることによってウインドシールド部211の通過窓211Aをこの切欠窓212Bを一致させ、この通過窓211Aでのみレーザ光を通過させるように構成されている。また、上記シールド体212の脚部212Aとこれが嵌入する上記ガイド部214の端部との間にパネ部材215が弾装され、このパネ部材215によってこのシールド体212を外方へ付勢して上記ウインドシールド部211へ密着させるように構成されている。

【0028】次に、動作について説明する。まず、放電電極112に電圧を印加してレーザ媒質を励起すると、レーザ発振管11の本体111内でレーザ光が発生し、発生したレーザ光は本体111の通過孔111B、シールド体212の切欠窓212B及びウインドシールド部211の通過窓211Aを通過してウインド12の当該部を透過して図2矢示方向へ出力する。そして、継続的に使用してウインド12が汚染されれば、ハンドル20によってウインドホルダー13を回転させて隣の通過窓211Aをシールド体212の切欠窓212Bに合わせることによってウインド12の新たな透過部を設定して使用を継続することができる。

【0029】従って、本実施例によれば、ウインド12のレーザ光の透過部以外はウインドシールド部211によって遮蔽されているため、ウインド12の損傷を格段に軽減することができる他、実施例1と同様の作用効果を期することができる。尚、本実施例では、ウインドシールド部211をシールド体212とウインド12との間に介在させたものについて説明したが、シールド体212を柔らかい材料を用いてウインド12を傷つけないようにすれば、ウインドシールド部211を省略することができる。

【0030】実施例3、本実施例のレーザ発振装置10

は、図5に示すように、本体111が実施例2と同様の隔壁111Aでウインド12とこの隔壁111Aとの間にウインド室22を形成し、このウインド室22内へ常に清浄なレーザ媒質を送り込んでウインド12を光電作用等によって汚染しないように構成されている。即ち、レーザ発振管11の本体111の側壁及びその先端部に径方向の貫通孔111C、111Dがそれぞれ形成され、本体111内部と上記ウインド室22とが配管23によって連通され、この配管23の途中に浄化装置としての集塵器24が配設されて上記ウインド室22へ集塵器24によって清浄化したレーザ媒質を送り込むようにしたものである。更に、図5、図6に示すように、上記隔壁111Aの通過孔111Bには、中央に開口が形成されたラビリンスプレート25と、このラビリンスプレート25を互いに平行状態で保持するラビリンスホルダー26とが取り付けられ、本体111内のレーザ媒質が上記ウインド室22内へ逆流する際に複数のラビリンスプレート25によってそのレーザ媒質の流れに乱流を生じさせて不純ガス分子をラビリンスホルダー26で捕獲するように構成されている。

【0031】次に、動作について説明すると、レーザ光は実施例2と同様に隔壁111Aの通過孔111Bのラビリンスプレート25の開口を直進してウインドウ12から出力する。この時、レーザ発振管11のレーザ媒質は本体111の貫通孔111Cから配管23へ流入し、集塵器24で集塵されてから更に配管23を経由して貫通孔111Dからウインド室22へ流入し、然る後、ウインド室22内のレーザ媒質はラビリンスプレート25の開口を経由して本体111内に流入する。つまり、レーザ光が出力している間、レーザ媒質は本体111内とウインド室22内を循環してウインド室22内に常に清浄なレーザ媒質を供給してウインド12を光電作用等による汚染から防止する。この際、仮に集塵器24が故障してレーザ媒質の循環が阻害されて、本体111からウインド室22内へレーザ媒質が直接流入するようなことがあっても、この流入を複数のラビリンスプレート25によって阻止し、ラビリンスプレートホルダー26で不純ガス分子を捕獲する。

【0032】従って、本実施例によれば、レーザ媒質の不純ガス分子によるウインドの汚染を確実に防止することができる他、上記各実施例に準じた作用効果を期することができる。

【0033】実施例4、本実施例のレーザ発振装置10は、図7に示すように、レーザ発振管11の発振数を計数するショットカウンター27と、このショットカウンター27からの信号によって駆動するモータ28と、このモータ28に連結されたピニオン29と、このピニオン29に啮合する、ウインドホルダー13の端面に取り付けられたリング状の歯車30とを備え、上記ショットカウンター27が予め設定された発振数を計数すると上

記モータ28を自動的に駆動させてピニオン29及び歯車30を介して上記ウインドホルダー13を所定角度だけ回転させてウインド12の位置を自動的に更新し、ウインド12が一周したら警報を発するように構成されている。その他は実施例1に準じて構成されている。

【0034】次に、動作について説明すると、レーザ発振管11からレーザ光を出力して所定の加工を継続し、レーザ光の発振数が所定数に達すると、ショットカウンタ27がこの数を計数して信号をモータ28へ送信すると、モータ28は受信信号に基づいて駆動し、ピニオン29、歯車30を介してウインドホルダー13を所定角度回転させてウインド12のレーザ光透過位置を自動的に更新する。そして、ウインド12の所定角度の回転を繰り返してウインド12が一周した時点で警報を発して、ウインド12の交換時期を通知する。

【0035】従って、本実施例によれば、ウインド12の汚染によるレーザ出力の低下を自動的に防止して加工精度を確保することができ、また、ウインド12が交換時期に達したら自動的に知ることができる。尚、本実施例では、レーザ発振数によってウインド12の回転時期を検出するようにしているが、ウインド12の汚れによる出力の低下を検出してモータを駆動させるようにしてもよい。

【0036】実施例5. 本実施例のレーザ発振装置10は、図8に示すように、ウインド12の断面形状を具にしている以外は実施例1のものと同様に構成されている。本実施例に用いられているウインド12の断面は内面12Aと外面12Bとが平行ではなく、同図に示すように両面12A、12Bの成すウェッジ角 $\theta$ が150マイクロラジアン( $\mu\text{rad}$ )以下になるように形成されている。

【0037】そこで、上記ウェッジ角 $\theta$ の影響について以下に詳述する。レーザ発振管11は、その両端、つまり本体111の両端に全反射鏡と部分反射鏡とが対向してそれぞれ配設された共振器を構成している。そして、このような共振器構造では、全反射鏡と部分反射鏡との間のズレとレーザ光出力との関係に関する実験データ(図14参照)が示すように、全反射鏡と部分反射鏡との間で600 $\mu\text{rad}$ 程度のズレが生じると、10%程度の出力レーザ光の低下が発生する。

【0038】また、ステッパーの光源として求められているような狭帯域エキシマレーザでは、波長選択素子であるファブリペローエタロン、プリズムやグレーティング等、あるいはこれらを組み合わせて上記全反射鏡または部分反射鏡とレーザ発振管の間に挿入したり、波長選択素子であるエシェルグレーティングに全反射鏡の役割を兼ねさせたりするが、このような共振器構成では、ビーム位置、ビーム方向、ビーム強度分布形状、選択波長等のビーム特性に関しても、共振器中の各素子部における角度裕度が広帯域レーザに比べて強く制限される。

【0039】また、ビーム位置、ビーム方向の変化があると、出力レーザ光はステッパー内部で10~数10の整形光学素子を通過するので加工対象はレーザ出口口から数m程度離れることになり、加工対象にまでレーザ光が到達しない。出力レーザ光のビーム位置やビーム方向はサブミリ、サブマイクロラジアン精度が少なくとも要求される。

【0040】また、ビーム強度分布形状の変化は、ステッパー内部のフライアイレンズ等のビーム整形光学系の再調整を行なうか、あるいは被加工物に対する照度ムラの結果としての加工不良を招くことになり、やはり出力レーザ光のビーム強度分布形状も制限がある。但し、狭帯域レーザの共振器構成の場合には、素子構成の工夫によってその裕度が大きく異なり、例えば全反射鏡とレーザ発振管の間にファブリペローエタロンを2個配置する共振器構成の場合、出力のピーク値から10%低下する範囲の角度裕度は僅かに数1.0 $\mu\text{rad}$ しか許されないのに対して、複数のプリズムとエシェルグレーティングを用いた狭帯域共振器では実験データから上記各特性の変化が全て許容範囲内となるような角度裕度は数100 $\mu\text{rad}$ という実験値を得ている。

【0041】従って、共振器構成の工夫により各素子部へのレーザ光の入射角度裕度を実験的に得た600 $\mu\text{rad}$ 程度にすると、この値を満足するために必要な上記回転移動可能なウインド12の平行度はその1/4の150 $\mu\text{rad}$ である。

【0042】而して現実には、レーザ発振管11に取り付けられているウインド12自体はレーザ光を反射して出射レーザ光の品質に影響を及ぼさないように無反射コーティングを施し且つ共振器を構成する反射鏡や各素子面とは数 $\mu\text{rad}$ ないし100 $\text{mrad}$ 程度の角度を成すように取り付けられている。従って、以下ではレーザ光軸に対して角度を付けた一般的な状態に関して詳細に説明する。

【0043】図9はウインド12の両面12A、12Bにウェッジ角 $\theta$ が付いている場合のレーザ光の透過経路を示す断面図である。レーザ媒質側から来たレーザ光がウインド12の内面12A側に対して角度 $\theta_1$ で入射し、ウインド12内で内面12Aに対して角度 $\theta_2$ となり、外面12Bに対して角度 $\theta_3$ で入射した後、外方へ外面12Bに対して角度 $\theta_4$ で出射して行く様子を示している。このとき、入射光軸方向に対する出射光軸方向の成す角 $\Delta\theta$ は以下のように表わすことができる。ここでレーザ光の波長に対するウインド12の屈折率を $n$ とすると、下記数1、数2の関係を満たしている。

$$\text{(数1)} \sin\theta_1 = n \cdot \sin\theta_2$$

$$\text{(数2)} \sin\theta_3 = n \cdot \sin\theta_4$$

また一方、幾何学的な配置から下記数3、数4のような関係がある。

$$\text{(数3)} \theta_2 = \theta_1 - \theta$$

11

$$(数4) \Delta\theta = \theta_1 - \theta_1' + \delta$$

従って、数1～数3から数2の右辺は以下のように変形して下記数5を得ることができる。

(数5)

$$\sin\theta_1' = n \cdot \sin\theta_1$$

(数6)

$$\Delta\theta = \theta_1 + \delta - \arcsin \{ \sin\theta_1 \cdot \cos\delta - \sin\delta \cdot (n^2 - \sin^2\theta_1)^{1/2} \}$$

【0044】また、図10はウェッジ角 $\delta$ の上記ウインド12をその内面12Aを基準にして図9に示す状態から180°回転させた状態でのレーザ光の透過経路を示す図である。これは、図10に示す場合も図9で示した場合と同様、レーザ発振管11で発生したレーザ光がウインド12の内面12Aに対して角度 $\theta_1$ で入射し、ウインド12内で内面12Aに対して角度 $\theta_2$ となり、ウインド12の外表面12Bに対して角度 $\theta_1'$ で入射した後、外表面12Bに対して角度 $\theta_2'$ で出射して行く様子を示している。図9と同様に、屈折率 $n$ を用いて入射光軸に対する出射光軸の成す角 $\Delta\theta$ は数7、数8のようになる。

$$(数7) \sin\theta_1 = n \cdot \sin\theta_2$$

$$(数8) \sin\theta_1' = n \cdot \sin\theta_2'$$

(数12)

$$\Delta\theta' = \theta_1 - \delta - \arcsin \{ \sin\theta_1 \cdot \cos\delta - \sin\delta \cdot (n^2 - \sin^2\theta_1)^{1/2} \}$$

従って、数6及び数12からウインド12の回転による

(数13)

$$\begin{aligned} \Delta\theta - \Delta\theta' &= [\theta_1 + \delta - \arcsin \{ \sin\theta_1 \cdot \cos\delta - \sin\delta \cdot (n^2 - \sin^2\theta_1)^{1/2} \}] \\ &\quad - [\theta_1 - \delta - \arcsin \{ \sin\theta_1 \cdot \cos\delta - \sin\delta \cdot (n^2 - \sin^2\theta_1)^{1/2} \}] \\ &= 2\delta \end{aligned}$$

【0045】上記結果からウインド12に対するレーザ光の入射角度によらず、ウェッジ角 $\delta$ のウインド12を回転させることにより、最大2 $\delta$ だけウインド12を透過するレーザ光の角度が変ることになる。共振器内には、レーザ発振管の両側に各1個ずつ計2個のウインドが配設されているので、同一仕様のウェッジ角 $\delta$ のウインドを用いた場合、ウインドの回転により最大4 $\delta$ だけレーザ光の角度が変ることになる。逆に、共振器内の各素子部へのレーザ光の入射角度のズレを600 $\mu$ rad以下に抑制するには、各ウインドのウェッジ角 $\delta$ を600 $\mu$ radの1/4である150 $\mu$ radに抑制すればよい。また、共振器を構成する反射鏡や各素子面とはウインドの成す角度程度の角度は、ウェッジ角の付いたウインドの回転による透過レーザ光の角度変化に影響しないので、この点は特に考慮する必要がない。

【0046】以上のことから、ウェッジ角 $\delta$ を150 $\mu$ rad以下に抑制したウインド12の回転による共振器内のレーザ光の各素子部に入射する角度は600 $\mu$ rad以下となり、ウインド12の回転移動によるレーザ光の透過部分の更新に際して出力レーザ光の各種ビーム特性に影響のないレーザ発振装置を得ることができる。

【0047】従って本実施例によれば、使用によりレー

(7)

12

$$* = n \cdot \sin(\theta_1 - \delta)$$

$$= n \cdot (\sin\theta_1 \cdot \cos\delta - \sin\delta \cdot \cos\theta_2)$$

$$= \sin\theta_1 \cdot \cos\delta - n \cdot \sin\delta \cdot \cos\theta_2$$

$$= \sin\theta_1 \cdot \cos\delta - \sin\delta \cdot (n^2 - \sin^2\theta_1)^{1/2}$$

\* また、数4及び数5から下記数6が得られる。

※また一方、幾何学的な配置から下記数9、数10のような関係がある。

$$(数9) \theta_1' = \theta_2 - \delta$$

$$(数10) \Delta\theta = \theta_1 - \theta_1' - \delta$$

従って、数7～数10から数8の右辺は以下のように変形して下記数11を得ることができる。

(数11)

$$\sin\theta_1' = n \cdot \sin\theta_2$$

$$= n \cdot \sin(\theta_2 - \delta)$$

$$= n \cdot (\sin\theta_2 \cdot \cos\delta - \sin\delta \cdot \cos\theta_1)$$

$$= \sin\theta_1 \cdot \cos\delta - n \cdot \sin\delta \cdot \cos\theta_1$$

$$= \sin\theta_1 \cdot \cos\delta - \sin\delta \cdot (n^2 - \sin^2\theta_1)^{1/2}$$

※ また、数10及び数11から下記数12が得られる。

出射角度方向の変化は下記数13のようになる。

ザ光の出力が低下する前に、実施例1と同様にしてウインド12を回転移動させてレーザ光の透過部分を更新することができ、しかも、ウインド12のウェッジ角 $\delta$ が150 $\mu$ rad以下であるため、ウインド12が180°回転しても共振器内の透過レーザ光の角度が最大で4 $\delta$ しか変化せず、レーザ光の各素子部に入射する角度を600 $\mu$ rad以下にすることができ、ウインド12の回転移動によるレーザ光の透過部分の更新に際して特別な補正機構がなくてもウインド12の回転移動による出力レーザ光の各種ビーム特性の変化を許容範囲内に抑制して、ウインド12の透過部分の更新の前後で安定したレーザ加工を行なうことができる。

【0048】実施例6. 本実施例のレーザ発振装置10は、図11、図12に示すように、ウインドホルダー13の中心の周りに8個の小径ウインド12を周方向等間隔に配列して取り付け、且つ各ウインド12のウェッジ角 $\delta$ を実施例5と同様に150 $\mu$ rad以下に形成した以外は実施例5に準じて構成されている。尚、本実施例では、シール部材17が、ウインドホルダー13の本体111との接触端面に形成された溝に装着され、このシール部材17によってウインドホルダー13とレーザ発振管11の本体111との気密を保持するようにして

いる。尚、ウインド12の回転は必要に応じて適宜増減することができる。

【0049】従って、本実施例においても共振器内の各素子部へのレーザ光の入射角のズレを $600\mu\text{rad}$ 以下に抑制することができ、実施例5と同様の作用効果を期することができる。

【0050】

【発明の効果】本発明の請求項1に記載の発明によれば、ウインドホルダーを軸受を介して回転自在にしたため、ウインドの回転機構を簡素化することができると共に、ウインドにおけるレーザ光の透過部分を簡単に更新して加工不良を生じることがないレーザ発振装置を提供することができる。

【0051】また、本発明の請求項2に記載の発明によれば、ウインドホルダーを軸受を介して回転自在にすると共にウインドの内側にレーザ光の透過部分以外を遮蔽するシールド体を設けたため、ウインドの回転機構を簡素化することができると共に、ウインドにおけるレーザ光の透過部分を簡単に更新することができ、しかもウインドのレーザ光の透過部分以外の部分の汚染を防止して加工不良を生じることがないレーザ発振装置を提供することができる。

【0052】また、本発明の請求項3に記載の発明によれば、ウインドホルダーを軸受を介して回転自在にすると共にウインドの内面側のレーザ発振管から画成された空間へ浄化したレーザ媒質を循環させるようにしたため、ウインドの回転機構を簡素化することができると共に、ウインドにおけるレーザ光の透過部分を簡単に更新することができ、しかもウインドのレーザ光の透過部分以外の部分の汚染を防止して加工不良を生じることがないレーザ発振装置を提供することができる。

【0053】また、本発明の請求項4に記載の発明によれば、ウインドホルダーを軸受を介して回転自在にすると共にウインドの両面の成すウェッジ角が $150\mu\text{rad}$ 以下に形成したため、ウインドの回転機構を簡素化することができると共に、ウインドを回転させても出力レーザ光の品質を低下させる虞のないレーザ発振装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のレーザ発振装置の一実施例の要部を示す断面図である。

【図2】本発明のレーザ発振装置の他の実施例の要部を

示す断面図である。

【図3】図2に示すレーザ発振装置のウインドシールド部を示す正面図である。

【図4】図2に示すレーザ発振装置のシールド体を示す正面図である。

【図5】本発明のレーザ発振装置の更に他の実施例の要部を示す断面図である。

【図6】図5に示すレーザ発振装置のラビリンスプレートホルダーの軸方向の断面を示す斜視図である。

【図7】本発明のレーザ発振装置の更に他の実施例の要部を示す断面図である。

【図8】本発明のレーザ発振装置の更に他の実施例の要部を示す断面図である。

【図9】図8に示すレーザ発振装置のウインドの両面にウェッジ角が付いている場合のレーザ光の透過経路を示す断面図である。

【図10】図9に示すウインドを $180^\circ$ 回転させた状態でのレーザ光の透過経路を示す断面図である。

【図11】本発明のレーザ発振装置の更に他の実施例の要部を示す断面図である。

【図12】図11に示すレーザ発振装置のウインドホルダー及びウインドを示す正面図である。

【図13】従来のレーザ発振装置の一例の要部を示す断面図である。

【図14】共振器における、全反射鏡と部分反射鏡との間のズレとレーザ光出力との関係に関する実験データを示すグラフである。

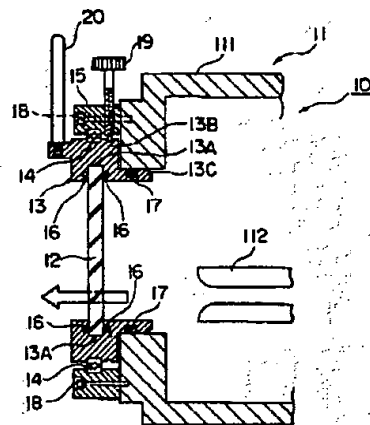
【符号の説明】

- 10 レーザ発振装置
- 11 レーザ発振管
- 12 ウインドウ
- 13 ウインドホルダー
- 14 転がり軸受
- 15 ホルダー支持体
- 22 空間
- 24 集塵器（浄化装置）
- 26 ラビリンスプレートホルダー
- 111 レーザ発振管本体
- 211 ウインドシールド部
- 212 シールド体
- 0 ウェッジ角

(9)

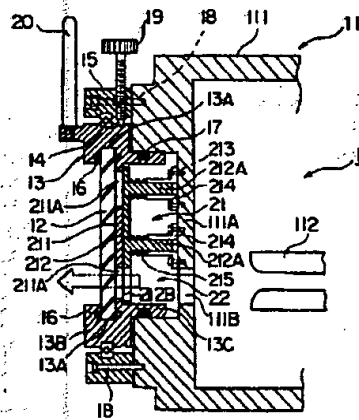
特開平5-152643

【図1】



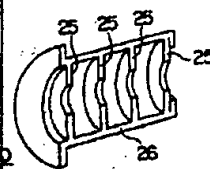
10: レーザ発振部  
11: レーザ受振管  
12: ウィンド  
13: ウィンドホルダー  
14: ホール軸受  
15: ホルダー支持体

【図2】

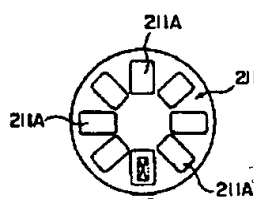


21: ウィンドシールド機構  
211: ウィンドシールド部  
212: シールド体

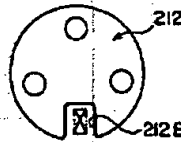
【図6】



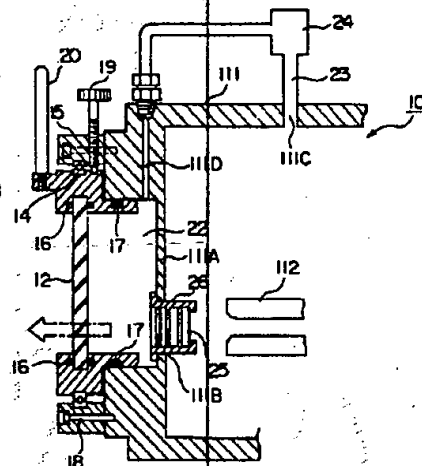
【図3】



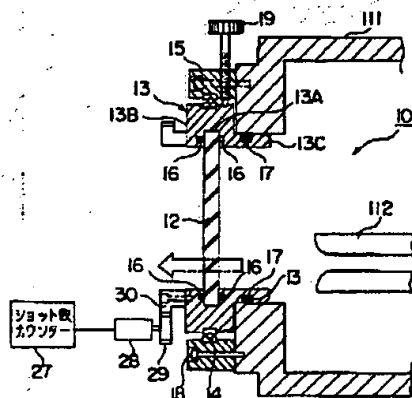
【図4】



【図5】



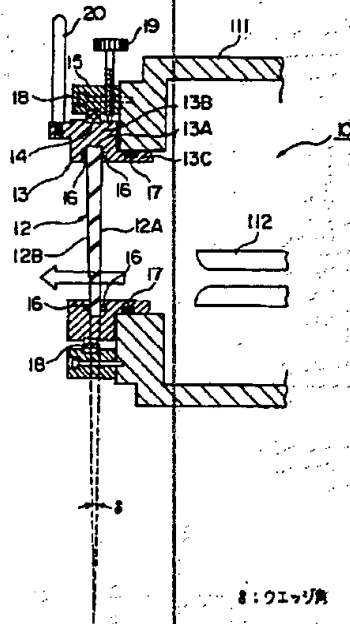
【図7】



(10)

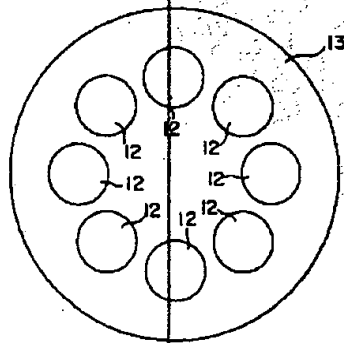
特開平5-152643

【図8】

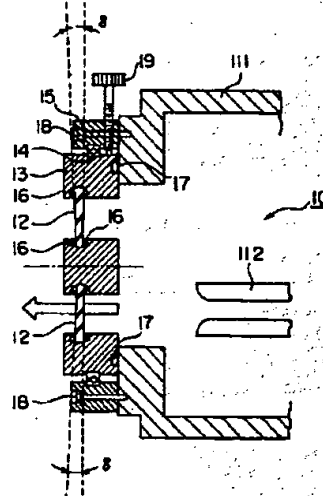


8: 21°傾

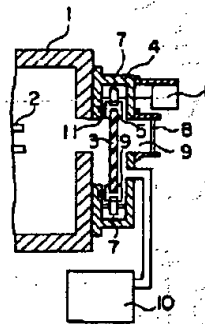
【図12】



【図11】



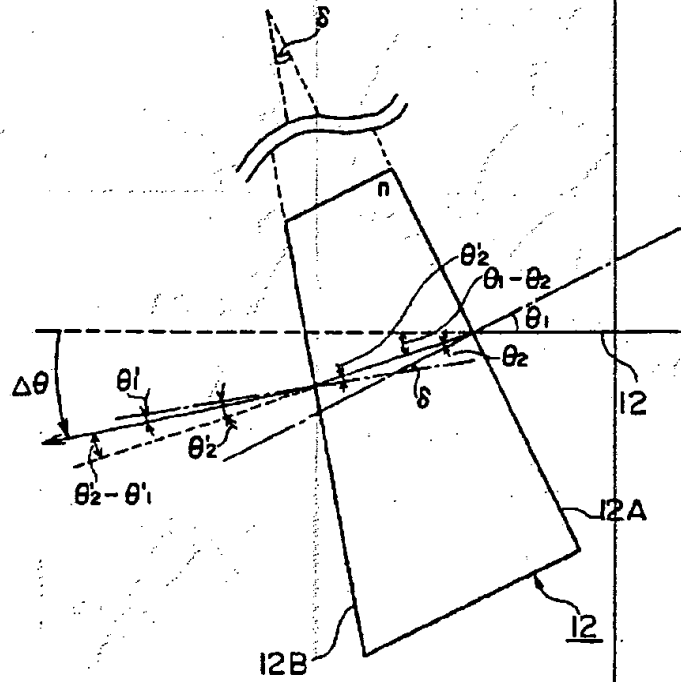
【図13】



(11)

特開平5-152643

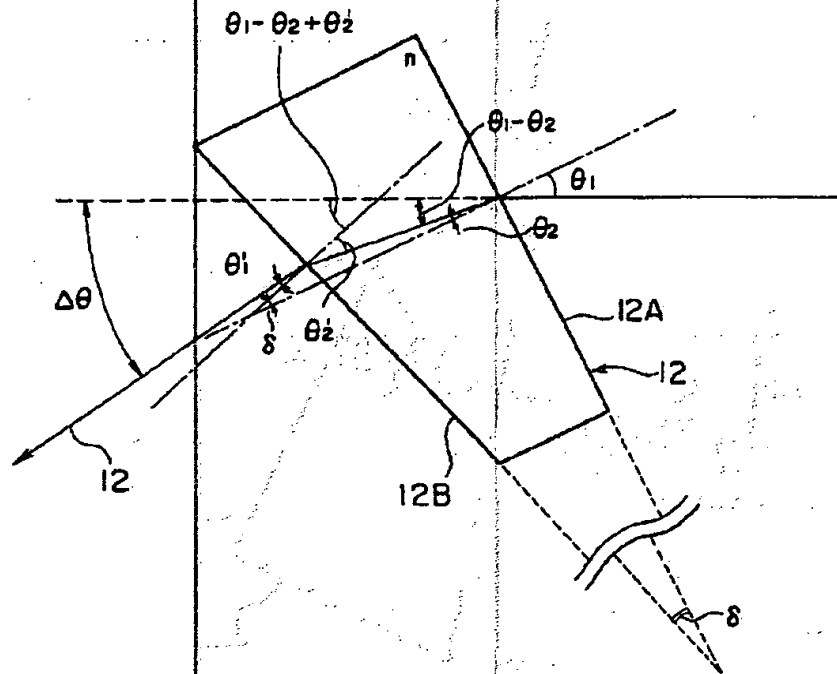
〔図9〕



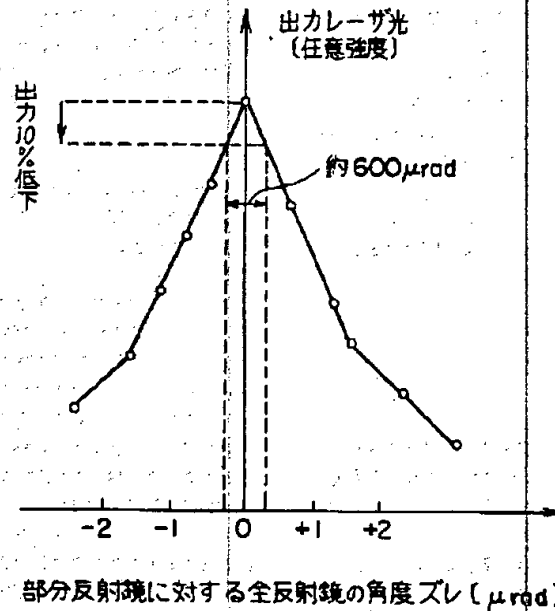
(12)

特開平5-152643

【図1.0】



【図14】



## 【手続補正書】

【提出日】平成4年9月9日

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項3

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【請求項3】 内部にレーザ媒質が封入されたレーザ発振管と、このレーザ発振管のレーザ光出口に上記レーザ光が透過するように配設されたウインドと、このウインドを保持し且つ上記レーザ発振管内の気密を保持するように上記レーザ発振管のレーザ光出口に配設されたウインドホルダーと、このウインドホルダーを軸受を介して回転自在に保持するように上記レーザ発振管の出口端面に配設されたホルダー支持体とを備え、且つウインドの内面側に空間を形成し且つレーザ光の通過する開口部を有する隔壁を上記レーザ発振管のレーザ光出口に設けると共に、上記レーザ発振管のレーザ媒質を浄化しながら上記空間へ循環させる浄化装置を設けたことを特徴とするレーザ発振装置。

## 【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項4

## 【補正方法】変更

## 【補正内容】

【請求項4】 内部にレーザ媒質が封入されたレーザ発振管と、このレーザ発振管のレーザ光出口に上記レーザ光が透過するように配設されたウインドと、このウインドを保持し且つ上記レーザ発振管内の気密を保持するように配設されたウインドホルダーと、このウインドホルダーを回転自在に保持するように上記レーザ発振管の出口端面に配設されたホルダー支持体とを備え、且つ上記ウインドの両面の成すウェッジ角が150 $\mu$ rad以下に形成されてなることを特徴とするレーザ発振装置。

## 【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0006

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【0006】また、レーザ光の中でもエキシマレーザのようなパルスレーザを照射するレーザ発振装置の場合には、励起部のゲインが高いため、部分反射鏡、全反射鏡、波長選択素子など共振器を構成する各素子部間において角度のズレが多少あってもレーザを照射するが、部分反射鏡から出力される出力レーザ光（以下、部分反射

鏡からレーザ発振装置の外部へ出力されるレーザ光を「出力レーザ光」と称す)のビーム位置、ビーム方向、ビーム強度分布形状、ビーム出力、更に選択波長等の各種のビーム品質は上述の角度のズレ量に応じて変化し、各素子部における角度のズレによって最適状態に比べてビーム位置、ビーム方向、選択波長が変化し、ビーム強度分布形状はビームの中心に対する均一性が崩れ、レーザ出力が低下することが実験データを示す図14のグラフから判っている。また、レーザ発振管1のウインド3の平行度が良くないと、ウインド3を回転移動させた場合にウインド3を透過するレーザ光の方向が変る可能性があり、これによって各種のビーム品質に変化をもたらすという課題もあった。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0012

【補正方法】変更

【補正内容】

【0012】また、本発明の請求項3に記載のレーザ発振装置は、内部にレーザ媒質が封入されたレーザ発振管と、このレーザ発振管のレーザ光出口に上記レーザ光が透過するように配設されたウインドと、このウインドを保持し且つ上記レーザ発振管内の気密を保持するように上記レーザ発振管のレーザ光出口に配設されたウインドホルダーと、このウインドホルダーを軸受を介して回転自在に保持するように上記レーザ発振管の出口端面に配設されたホルダー支持体とを備え、且つウインドの内面側に空間を形成し且つレーザ光の透過する開口部を有する隔壁を上記レーザ発振管のレーザ光出口に設けると共に、上記レーザ発振管のレーザ媒質を浄化しながら上記空間へ循環させる浄化装置を設けたものである。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0020

【補正方法】変更

【補正内容】

【0020】而して、上記レーザ発振管11は、レーザ媒質を封入する本体111と、本体111の内部に配設された放電電極112とを備え、この放電電極112に電圧を印加することによってレーザ媒質を励起してレーザ光を発生させてレーザ光を出力するように構成されている。そして、このレーザ発振管11のレーザ光出口にウインド12が配設されている。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0025

【補正方法】変更

【補正内容】

【0025】実施例2. 本実施例のレーザ発振装置10は、図2に示すように、レーザ光の照射部分を制限する

ウインドシールド機構21を設けた以外は上記実施例と同様に構成されている。このウインドシールド機構21は、上記レーザ発振管11の本体111の端面にレーザ光の透過する部分を制限しないように形成された隔壁111Aと上記ウインド12との間に形成された空間22に配設されている。尚、この隔壁111Aにはレーザ光が透過する部分にのみ通過孔111Bが形成されている。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0027

【補正方法】変更

【補正内容】

【0027】そして、上記ウインドシールド部211には、図3に示すようにレーザ光が透過する矩形形状の通過窓211Aが放射状に複数個形成され、また、上記シールド体212には、図4に示すように上記ウインドシールド部211の一つの通過窓211Aに対応する矩形形状の切欠窓212Bが1個形成されている。しかも、この切欠窓212Bは、上記隔壁111Aの開口部111Bと一致する位置に形成され、上記ウインドホルダー13を回転させることによってウインドシールド部211の通過窓211Aをこの切欠窓212Bを一致させ、この通過窓211Aでのみレーザ光を透過させるように構成されている。また、上記シールド体212の脚部212Aとこれが嵌る上記ガイド部214の端面との間にバネ部材215が弾装され、このバネ部材215によってこのシールド体212を外方へ付勢して上記ウインドシールド部211へ密着させるように構成されている。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0028

【補正方法】変更

【補正内容】

【0028】次に、動作について説明する。まず、放電電極112に電圧を印加してレーザ媒質を励起すると、レーザ発振管11の本体111内でレーザ光が発生し、発生したレーザ光は本体111の開口部111B、シールド体212の切欠窓212B及びウインドシールド部211の通過窓211Aを通過してウインド12の当該部分を透過して図2矢示方向へ出力する。そして、継続的に使用してウインド12が汚染されれば、ハンドル20によってウインドホルダー13を回転させて隣の通過窓211Aをシールド体212の切欠窓212Bに合わせることによってウインド12の新たな透過部を設定して使用を継続することができる。

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0029

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【0029】従って、本実施例によれば、ウインド12のレーザ光の透過部以外はシールド体212およびウインドシールド部211によって遮蔽されているため、ウインド12の損傷を格段に軽減することができる。尚、本実施例では、ウインドシールド部211をシールド体212とウインド12との間に介在させたものについて説明したが、シールド体212を柔らかい材料を用いてウインド12を傷つけないようにすれば、ウインドシールド部211を省略することができる。また、ウインドシールド部211を省略してウインド12とシールド体212との間に微小なすき間を設けても、上記とほぼ同様の効果を得る。

## 【手続補正10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0030

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【0030】実施例3. 本実施例のレーザ発振装置10は、図5に示すように、本体111が実施例2と同様の隔壁111Aでウインド12とこの隔壁111Aとの間にウインド室22を形成し、このウインド室22内へ常に清浄なレーザ媒質を送り込んでウインド12を光電作用等によって汚染しないように構成されている。即ち、レーザ発振管11の本体111の隔壁及びその先端部に貫通孔111C、111Dがそれぞれ形成され、本体111内部と上記ウインド室22とが配管23によって連通され、この配管23の途中に浄化装置としての集塵器24が配設されて上記ウインド室22へ集塵器24によって清浄化したレーザ媒質を送り込むようにしたものである。更に、図5、図6に示すように、上記隔壁111Aの通過孔111Bには、中央に開口が形成されたラビリンスプレート25と、このラビリンスプレート25を互いに平行状態で保持するラビリンスホルダー26とが取り付けられ、本体111内のレーザ媒質が上記ウインド室22内へ逆流する際に複数のラビリンスプレート25によってそのレーザ媒質の流れに乱流を生じさせて不純ガス分子をラビリンスホルダー26で捕獲するように構成されている。

## 【手続補正11】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0042

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【0042】而して現実には、レーザ発振管11に取り付けられているウインド12自体はレーザ光を反射して

出射レーザ光の品質に悪影響を及ぼさないように無反射コーティングを施し且つ共振器を構成する反射鏡や各素子面とは数mradないし100mrad程度の角度を成すように取り付けられている。従って、以下ではレーザ光軸に対して角度を付けた一般的な状態に関して詳細に説明する。

## 【手続補正12】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0048

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【0048】実施例6. 本実施例のレーザ発振装置10は、図11、図12に示すように、ウインドホルダー13の中心の囲むように8個の小径ウインド12を周方向等間隔に配列して取り付け、且つ各ウインド12のウェッジ角 $\delta$ を実施例5と同様に150 $\mu$ rad以下に形成した以外は実施例5に準じて構成されている。尚、本実施例では、シールド部材17が、ウインドホルダー13の本体111との接触端面に形成された溝に装着され、このシールド部材17によってウインドホルダー13とレーザ発振管11の本体111との気密を保持するようにしている。尚、ウインド12の個数は必要に応じて適宜増減して構成することができる。

## 【手続補正13】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図11

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【図11】

